

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения
Российской академии наук

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**Перспективные материалы
с иерархической структурой
для новых технологий
и надежных конструкций**

19 - 23 сентября 2016 г.

Томск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЕ, МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
И ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ БИОИНЕРТНЫХ УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТЫХ
СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ТИТАНА, НИОБИЯ И ЦИРКОНИЯ,
СФОРМИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ
ДЕФОРМАЦИИ**

Шаркеев Ю.П.^{1,2}, Ерошенко А.Ю.¹, Глухов И.А.¹,
Толмачев А.И.¹, Уваркин П.В.¹, Майрамбекова А.М.³

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,

²НИ Томский политехнический университет, Томск, Россия,

³НИ Томский государственный университет, Томск, Россия

sharkeev@ispms.tsc.ru

Изучены микроструктура при термическом воздействии, фазовый состав, механические свойства и их стабильность, включая долговременное воздействие, для биоинертных сплавов на основе титана, ниобия и циркония в ультрамелкозернистом (УМЗ) состоянии. В качестве материала исследования были выбраны бинарные сплавы: низкомодульный сплав системы Ti-40 % мас. Nb (Ti40Nb) и цирконий, легированный ниобием, Zr-1,1 % мас. Nb (сплав Э110). УМЗ состояние в сплавах получали комбинированным методом интенсивной пластической деформации (ИПД), который включал абс-прессование в пресс-форме и многоходовую прокатку в ручьевых валках с последующим дорекристаллизационным отжигом. Дополнительная деформация прокаткой способствовала уменьшению размера структурных элементов и формированию однородной структуры, созданной в объеме заготовок на этапе прессования. Согласно данным рентгеноструктурного анализа и просвечивающей электронной микроскопии структура в сплаве Ti40Nb представлена стабильными β -фазой на основе твердого раствора титана и/или ниобия и α -фазой, а также неравновесной наноразмерной ω -фазой (5-10 нм), а в сплаве Э110 – основной фазой α -Zr и частицами β -Nb.

Сформированная в сплавах в результате двухэтапной ИПД УМЗ структура со средним размером структурных элементов менее 0,3 мкм обеспечивает высокий уровень механических свойств (предел прочности, предел текучести и микротвердость) при сохранении исходного уровня модуля упругости (Ti40Nb–65-70 МПа и Э110 100 – МПа).

Экспериментально определены временные интервалы термостабильности УМЗ структуры и механических свойств (на примере микротвердости) в диапазоне температур 400-700 °С и временном интервале отжигов 1-360 часов.

Низкотемпературные отжиги сплава Ti40Nb при 350°С и 400°С в интервале 1-360 часов не приводят к изменению характера УМЗ структуры и росту структурных элементов β - и α -фаз при некотором укрупнении частиц неравновесной ω -фазы. Наличие наноразмерной ω -фазы положительно влияет на термостабильность ультрамелкозернистого состояния сплава Ti40Nb. Незначительное увеличение размера элементов структуры равновесных β - и α -фаз происходит за счет совершенствования границ и формы кристаллитов. Нагрев и выдержка при 350°С сохраняют стабильность механических свойств Ti40Nb в течение 120 часов.

УМЗ структура сплава Э110 стабильна при отжиге 400°С до 10 часов с сохранением достигнутого при ИПД уровня микротвердости. При более длительных временах отжига в интервале 24-360 часов в сплаве Э110 имеют место интенсивные рекристаллизационные процессы, сопровождающиеся снижением микротвердости и ростом элементов структуры.

При температурах выше 500°С в течение 1 часа для сплавов Ti40Nb и Э110 наблюдается тенденция к активному росту размера структурных элементов и существенному падению микротвердости с трансформацией УМЗ структуры в мелкозернистое состояние.

1. Научные основы разработки материалов с многоуровневой иерархической структурой, в том числе для экстремальных условий эксплуатации

Обсуждаются вопросы медицинских приложений биоинертных УМЗ и термически стабильных в интервале температур от комнатной до 350°C сплавов на основе титана, ниобия и циркония, в том числе с низкими значениями модуля упругости.

Работа выполнена по государственному заданию ИФПМ СО РАН на 2015-2017 гг., проект 23.2.2, и программы Президиума РАН, проект 35.

РАЗРАБОТКА САМОРАСШИРЯЮЩИХСЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ СТЕНТОВ С ИОННО-МОДИФИЦИРОВАННЫМ ПОВЕРХНОСТНЫМ СЛОЕМ

Лотков А.И.^{1,2}, Кашин О.А.¹, Кудряшов А.Н.³,

Круковский К.В.¹, Кузнецов В.М.², Борисов Д.П.²

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,

²НИ Томский государственный университет, г. Томск, Россия,

³ООО «Ангиолайн», Новосибирск, Россия

okashin@ispms.tsc.ru

Сужение просвета кровеносных сосудов (стеноз) является основным осложнением при заболевании атеросклерозом. В настоящее время для восстановления просвета в сосуд устанавливают специальную конструкцию - стент. Актуальной задачей является проведение таких операций на периферических сосудах (сонной артерии, брюшной аорты, сосудах нижних конечностей). По прогнозам консалтинговой компании «Аберкейд» потребность рынка РФ в стентах для периферических сосудов в 2016 году составит около 40 тыс. штук. В России при лечении поражений периферических сосудов используют только импортные стенты. Высокая цена импортной продукции ограничивает доступность для пациентов операций стентирования периферических сосудов. В связи с этим актуальным является проведение исследований, направленных на разработку технологии производства стентов для периферических сосудов на отечественных предприятиях. При этом для обеспечения конкурентоспособности необходимо обеспечить не только более низкую цену, но и улучшить потребительские характеристики изделий.

В большинстве случаев стентирование обеспечивает хорошие долгосрочные результаты. Однако при применении стентов до конца не решена проблема рестеноза – повторного сужения просвета сосуда, возникающего вследствие повреждения сосудистой стенки при имплантации стента. Для снижения риска рестеноза ведущие зарубежные фирмы-изготовители используют стенты с различными покрытиями, однако пока кардинальных успехов не достигнуто.

В настоящей работе разработан лабораторный технологический регламент изготовления саморасширяющихся стентов из сплавов на основе никелида титана, в котором для повышения биосовместимости и снижения риска рестеноза была использована модификация поверхности стентов ионами кремния методом плазменно-иммерсионной ионной имплантации (ПИИИ). Однако в результате такой обработки могут измениться функциональные и механические свойства никелида титана, а, соответственно, и эксплуатационные характеристики изделия. Изучение влияния ПИИИ на формирование структурно-фазового состояния поверхностных слоёв никелида титана и его физико-механических свойств является необходимым этапом при разработке имплантатов с высокой биосовместимостью.

Показано, что при использованном в работе режиме ПИИИ на поверхности стентов формируется наноразмерный поверхностный слой, легированный кремнием. Определён фазовый состав этого слоя. Установлено, что формирование модифицированного слоя не повлияло на величину эффекта сверхэластичности сплава и механические свойства стентов.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта ФЦП № 14.578.21.0118, уникальный идентификатор проекта RFMEFI 57815X0118.